

## Секция ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАБОТКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

*К. Ж. Жумашев,*  
ХМИ им. Ж. Абишева, филиал РГП НЦ КПМС РК,  
г. Караганда, Казахстан  
*А. К. Торговец, А. М. Кутжанова*  
КГИУ, г. Темиртау, Казахстан  
*asekonya@mail.ru*

### ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ КРАСНОГО ШЛАМА И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ НОВОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной статье приведено анализ современного состояния проблемы и способов переработки красного шлама глиноземного производства, где рассмотрены их основные достоинства и недостатки.

*Ключевые слова:* анализ проблемы, способы переработки, красный шлам глиноземного производства, достоинства, недостатки.

This article provides an analysis of contemporary problems and ways of processing red mud from alumina production, where considered their main advantages and disadvantages.

*Key words:* analysis of problems, ways of processing, red mud from alumina production, advantages, disadvantages.

Согласно процессу Байера, добываемые бокситы мелко измельчают и обрабатывают в автоклавах горячим раствором каустической соды, в результате чего алюминий переходит в раствор в виде алюмината натрия. Каустик и растворимый алюминат натрия отделяют от нерастворимого остатка путем отстаивания и фильтрации. Остаток, так называемый красный шлам, образуется в количестве 3 т на каждую тонну получаемого алюминия. Частицы шлама имеют очень малые размеры [1].

Красный шлам, из которого удалена окись алюминия, загрязнен щелочью и поэтому его удаление представляет опасность для окружающей среды. Для хранения его отходов необходимо создание больших отстойных водоемов. В состав красного шлама обычно входят окиси алюминия, железа, кремния, титана, кальция и натрия. Попытки утилизации красного шлама обычно оставались безуспешными.

Процесс предусматривает добавление к красному шламу известняка, гидратированной извести или других материалов, содержащих

CaO, в определенных молярных соотношениях. Полученную смесь затем смешивают с восстановителем и нагревают, в результате чего смесь размягчается или плавится.

Железо от шлака можно отделять или пока смесь находится в расплавленном состоянии или после ее охлаждения. Соединений Na и Al, содержащиеся в шлаке, экстрагируют раствором карбоната натрия, содержащим каустик, или последовательно карбонатом натрия и раствором каустика [2].

Из-за отсутствия эффективных технологий переработки основная масса красных шламов не используется и складывается в специальных шламохранилищах, которые оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду.

Неправильная утилизация и преднамеренный выброс красного шлама в реки и озера наносит вред окружающей среде. Растворимые компоненты красного шлама дождевыми и талыми водами попадают в водоемы, реки, озера, подземные воды и приводит к гибели растительности. Постоянное накопление красного шлама несет нагрузку на хранилища, которые занимают большие площади и несут угрозу на близлежащие населенные пункты, как это случилось в Венгрии. С другой стороны, эти отходы содержат нужные компоненты для производства. Указанные факторы служат основанием для поиска эффективных методов их переработки.

Далее мы предлагаем некоторые способы утилизации красного шлака для анализа:

По способу (RU 2479648) красный шлак плавят в топливо кислородном гарнисажном плавильном агрегате, восстанавливают железо углеродистым восстановителем и отдельно выпускают полученные металл и шлак. Дополнительно нагревают и сушат шлак в сушильном устройстве до влажности 6–10 % теплом отходящих из плавильного агрегата газов с температурой 1750–1850 °C с добавлением к влажному шламу 3–6 % от массы шлака отходов производства извести. Высушенный шлак герметичным грузочным устройством загружают из сушильного устройства на расплавленный шлак, нагретый до 1640–1680 °C, со скоростью 1,2–1,4 т на 1 м<sup>2</sup> зеркала расплавленного шлака в час. Восстановление железа из расплавленной шихты производят углеродсодержащими материалами, загружаемыми на шлак в количестве, обеспечивающем содержание оксидов железа в восстановленном конечном шлаке в пределах 3–5 %. Раздельный слив продуктов плавки осуществляют непрерывно или периодически, поддерживая колебания уровня расплава в плавильном агрегате не более чем на 200–300 мм путем изменения скорости слива и количества продуктов плавки. Обеспечивается создание высокопроизводительного непрерывного одностадийного процесса переработки красных шламов и упрощение про-

цесса переработки. Однако образование вторичного отхода – шлаков и энергоёмкость процесса являются основными недостатками [3].

Комплексная переработка красных шламов алюминиевой промышленности (патент РФ № 2428490) включает его плавку с восстановителем и извлечение попутного металла. При этом восстановительной плавке подвергают смесь красного шлама с бокситом, молярное отношение содержания  $\text{CaO}$  к  $\text{SiO}_2$  в которой не более 1,2–1,4. В полученный разгружаемый глиноземистый расплав шлака вне печи при охлаждении добавляют известняк и соду, доводят до концентрации из расчета образования в получаемом шлаке пиросиликата кальция  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , пироферрита кальция  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , титаната кальция  $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$  и алюмината натрия  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  и обрабатывают водяным паром. Изобретение позволяет извлечь оксид натрия из красного шлама, получить передельный чугун в печи и алюмокальцевый шлак вне печи, использовать низкокачественное глиноземосодержащее сырьё, увеличить производительность печи и существенно снизить энерго- и теплотраты [3].

Способ переработки красного шлама глиноземного производства (Патент RU 2140998) включает его выщелачивание серной кислотой с переводом ценных компонентов в раствор, при этом выщелачивание осуществляют серной кислотой с концентрацией 74–100 г/л при температуре не ниже 64 °C, достигается достаточно высокое одновременное извлечение из шлама скандия и иттрия, значительно уменьшается количество железа, переводимого в обогащенный ценными компонентами раствор, что облегчает его дальнейшую переработку. Полученный после отделения раствора осадок, обогащенный железом, может быть использован в металлургической промышленности. Кроме того, в способе полностью исключают использование нетехнологичной соляной кислоты, а используют технологичную в промышленных условиях серную кислоту низкой концентрации (менее 10 %) [3].

Основные методы переработки переработки красного шлама относятся к пирометаллургическим методам и имеют ряд общих недостатков:

1. низкая производительность процесса плавки;
2. большие тепло- и энергозатраты его проведения;
3. необходимость использования теплоносителей для поддержания высокой температуры процесса;
4. необходимость сушки красного шлама (понижения влажности до 10 %) перед загрузкой в плавильный агрегат.

Другое изобретение (Патент RU 2360981) может быть использовано при переработке отходов глиноземного производства – красных шламов для извлечения хлорида железа. Способ переработки красных шламов включает обработку красных шламов хлорирующим реагентом – тетрахлорид кремния при нагревании. Нагревание реакционной смеси осуществляют в автоклаве [3].

По мнению авторов, способ дает следующие преимущества перед пирометаллургическими методами:

1. повышение селективности;
2. повышение степени извлечения железа из красных шламов;
3. повышение экологической безопасности и эффективности процесса.

Технический результат достигается тем, что в предлагаемом способе переработки красных шламов, включающем обработку шламов хлорирующим агентом при нагревании, в качестве хлорирующего агента используют тетрахлорид кремния, а нагревание реакционной смеси осуществляют в автоклавном режиме.

Недостатками этого способа является его многостадийность и большое количество побочных продуктов, поскольку серная кислота взаимодействует с сопутствующими оксидами алюминия, титана, натрия и кальция. Вскрытие шлама соляной кислотой обуславливает высокий солевой фон примесных металлов, таких как алюминий, кремний, титан, по сравнению с целевым металлом – железом, что оказывает значительное влияние на селективность процесса, поскольку дальнейшее разделение хлоридов затруднительно. Это дорогостоящая и трудоемкая операция. Кроме того, использование соляной кислоты ухудшает экологию и требует кислотостойкого оборудования, что предъявляет жесткие требования к материалам конструкции аппаратов.

Итак, анализ существующих методов переработки красного шлама глиноземного производства показывает целесообразность восстановительной плавки с получением чугуна и товарного шлака. Однако их эффективность теряется при плавке бедных по железу шламов, например, таких как красный шлак АО «Алюминий Казахстана».

Гидрометаллургические методы не позволяют полностью вскрыть все компоненты шлама и посвящены в основном извлечению редких металлов. Таким образом, анализ выше приведенных способов переработки красного шлама, показал что проблема их утилизации до сих пор остается недостаточно решенной и требует нового комплексного подхода, совмещающего достоинства как пиро- так и гидрометаллургических процессов.

В составе красного шлама АО «Алюминий Казахстана» (табл. 1) содержится до 40 % CaO и около 20 % железа, откуда следует вывод о целесообразности селективного извлечения железа в раствор или, наоборот, кальций, оставляя железо в кеке для получения железного концентрата. В этом плане представляет интерес методы возможного вскрытия спеканием хлоридом или сульфатом аммония.

Таблица 1

## Состав красного шлама АО «Алюминий Казахстана»

Наименование параметра	ПАЗ, Казахстан, Байер-спекание, последовательный вариант		
	Красный шлам ветви Байера	Шлам 4-го промывателя	Отвальный шлам (по отчету)
<b>Исходное сырье, %</b>	Боксит	Спек	Боксит
$Al_2O_3$	42,35	18,45	
$SiO_2$	11,1	14,1	
$Fe_2O_3$	18,9	18,2	
$M_{SiO_2}$	3,82	1,31	
<b>Отвальный шлам, %</b>			
$SiO_2$	17,3	18,8	20,76
$Fe_2O_3$	26,94	24,2	26,8
$Al_2O_3$	23,51	10,4	4,18
$CaO$	1,77	34,5	39,61
$H_2O$	9,37	5,19	2,94
$Na_2O$	13,95	3,05	1,44
$TiO_2$	3,29	2,74	3,03
$SO_3$	1,32	0,67	0,74
прочие	2,55	0,45	0,5
<b>Товарное извлечение <math>Al_2O_3</math> из сырья в раствор, %</b>	61,05	57,61	84,61
<b>Потери <math>Na_2O</math> в шламе на 1 кг бокситового <math>SiO_2</math>, кг</b>	0,81	0,16	0,07

## Список литературы

1. Проблемы развития безотходных производств / Б. Н. Ласкорин, Б. В. Громов, А. П. Цыганков, В. Н. Сенин. М.: Стройиздат, 2000. 566 с.
2. Красные шламы – свойства, складирование, применение / В. И. Корнеев, А. Г. Сусс, А. И. Цеховой. М.: Metallurgia, 1991. 144 с.
3. URL: <http://www.findpatent.ru>